

# **Advisering over het herstel van soortenrijke graslanden via maaien en uitmijnen in De Oude Kale vallei**

Verslag mei 2017

Stephanie Schelfhout, Pieter Vangansbeke, An De Schrijver & Jan Mertens

Opdrachtgever: Natuurpunt Lovendegem

## Contents

1. Inleiding .....	3
1.1. Voedselarme bodems, soortenrijke graslanden .....	3
1.2. N en P in de bodem na stopzetting bemesting .....	4
1.3. Streefwaarden bodem-P .....	6
1.4. Bijkomend knelpunt: interne eutrofiëring bij vernatting.....	8
1.5. Maatregelen om de bodem te verschralen .....	9
1.6. Herstel van soortenrijke grasland: Best practices .....	11
2. Abiotische afstand tot de doelsituatie .....	12
2.1. Methodiek Distance to target .....	12
2.1.1. Staalname .....	12
2.1.2. Chemische analyses .....	12
2.2. Distance to target in de Oude Kalevallei .....	12
3. Abiotische herstelmaatregelen .....	16
3.1. Methode inschatting tijdsduur herstelmaatregel .....	16
3.2. Resultaten inschatting tijdsduur .....	17
3.3. Aanbevelingen om bloemrijk grasland te ontwikkelen.....	18
Referenties.....	20



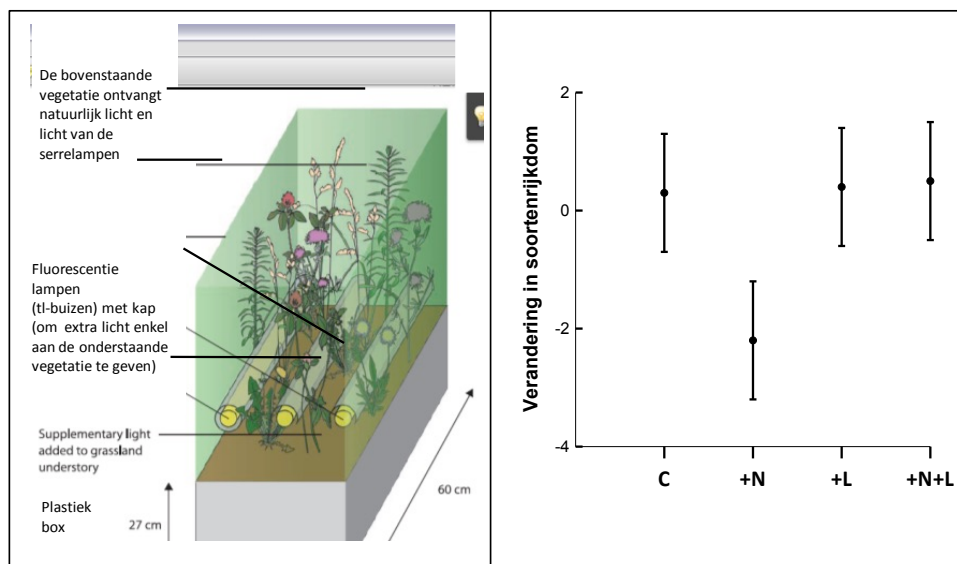
# 1. Inleiding

Dit rapport omvat een onderzoek naar de potentie van het herstel van bloemrijke graslanden in de Oude Kalevallei in opdracht van Natuurpunt Lovendegem. In dit hoofdstuk wordt achtergrondinformatie meegegeven, nodig voor de verdere interpretatie van de resultaten in dit rapport.

De abiotische “afstand” tot deze doelsituaties wordt beschreven in hoofdstuk 2. De fosforbeschikbaarheid in de bodem wordt vergeleken met streefwaarden voor het herstel van soortenrijke graslanden. Verder wordt het risico onderzocht voor interne eutrofiëring. In hoofdstuk 3 werd de tijdsduur van abiotisch herstel via maaien en uitmijnen ingeschat.

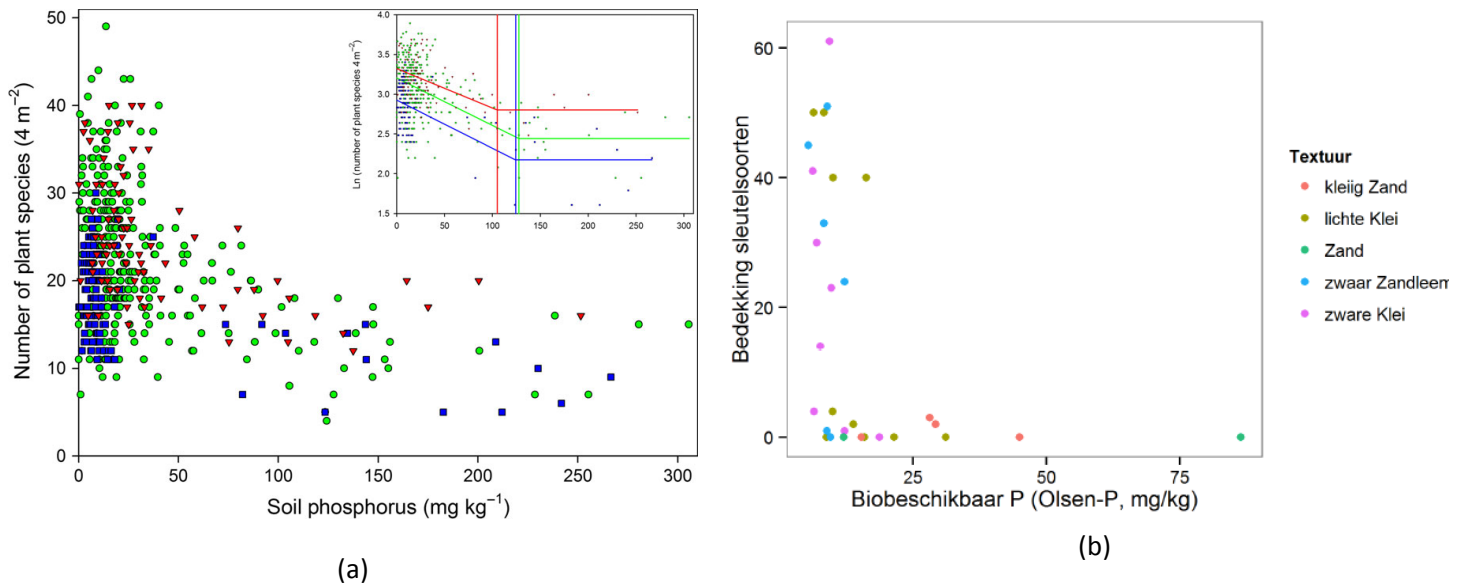
## 1.1. Voedselarme bodems, soortenrijke graslanden

Om op voormalige landbouwgrond soortenrijke natuur te herstellen is het vrijwel altijd noodzakelijk om de bodemvruchtbaarheid te verlagen. Anorganische nutriënten vormen samen met licht en water de voedingsbronnen van planten. Als de nutriënten niet limiterend zijn voor de groei, neemt de groei van een beperkt aantal snelgroeiende plantensoorten toe ten koste van andere soorten, waardoor het aantal plantensoorten afneemt. Op eutrofe bodems domineren dus snelgroeiende, competitieve soorten wat leidt tot homogene vegetaties met lage biodiversiteit. Hoogproductieve soorten overschaduwden door hun hoge groeisnelheid de minder productieve soorten, waardoor deze door gebrek aan licht geen kans krijgen. De studie van Hautier et al. (2009) toonde dit effect mooi aan (Figuur 1). Een kunstmatig nagebouwde soortenrijke graslandvegetatie werd al dan niet onderworpen aan nutriëntenadditie (o.a. N, fosfor (P), kalium (K), ...). Men stelde vast dat het aantal soorten significant afnam wanneer de beschikbaarheid aan N, P en K toenam. Echter, wanneer via lampen licht werd toegediend aan de lagere vegetatie, kon de onderstaande vegetatie overleven en veranderde de soortenrijkdom niet.



Figuur 1: Schematische voorstelling van het experiment en de resultaten van Hautier et al. (2009). In een kunstmatig nagebouwde graslandvegetatie werden de effecten van toediening van nutriënten (stikstof, fosfor en kalium; aangegeven door +N), licht (L), licht en nutriënten (+N+L) op de soortenrijkdom bestudeerd in vergelijking met controles waarin geen nutriënten en extra licht werd toegediend (C). Het toedienen van nutriënten (+N) had een sterk negatief effect op de soortenrijkdom van de plantengemeenschap. Wanneer naast nutriënten ook licht werd toegediend (+N+L) bleek de soortenrijkdom niet te dalen.

Een hoge nutriëntenbeschikbaarheid leidt tot een sterke homogenisering van de vegetatie. In nutriëntenarme omstandigheden bestaat een grotere variatie in welk nutriënt al dan niet beschikbaar is, wat resulteert in een grotere heterogeniteit in de vegetatie. Het sturen op limitatie van P blijkt voor meerdere graslandtypes cruciaal te zijn (Ceulemans et al. 2014; Figuur 2a). Vooral zeldzame (rode lijst) plantensoorten zijn gelinkt aan graslanden met P-limitatie (Wassen et al. 2005; Figuur 2b). Uiteraard kunnen andere factoren zoals dispersiemoeilijkheden van soorten door de versnippering van ons landschap een beperkende rol spelen. Het is bijgevolg van belang om ook aan biotisch herstel te doen, maar dit onderwerp is niet de focus van dit onderzoek.



Figuur 2: (a) Aantal plantensoorten per plot ten opzichte van biobeschikbaar fosfor ( $P_{\text{olsen}}$ ) voor drie verschillende habitattypes: kalkgraslanden (rode driehoeken), heischrale graslanden (groene cirkels) en glanshaverhooilanden (blauwe vierkanten). Bemerkt de sterke afname van soortenrijkdom bij een hoger niveau van fosfor. Bron: Ceulemans et al. (2014); (b) Bedekking van sleutelsoorten voor glanshaver graslanden in functie van biobeschikbaar fosfor ( $P_{\text{olsen}}$ ) in 30 proefvlakken (Bron: INBO, sleutelsoorten volgens T'jollyn et al. 2009). De sleutelsoorten zijn zo goed als afwezig als de concentratie van biobeschikbaar P in de bodem boven de 25 mg/kg stijgt. Bron: De Schrijver et al. (2013a)

## 1.2. N en P in de bodem na stopzetting bemesting

Het gedrag van N en P in de bodem na stopzetting van bemesting is zeer verschillend. N-beschikbaarheid neemt op korte tijd sterk af, ondanks de huidige atmosferische N-deposities. We merken echter op dat lage atmosferische N-deposities wel noodzakelijk zijn voor de instandhouding van verschillende habitattypes (Cools et al., 2015). Nadat landbouwactiviteiten worden stopgezet neemt de N-beschikbaarheid sterk af. N verdwijnt uit de bodem door nitraatuitspoeling en door denitrificatie. Een jarenlange bemesting resulteert in een vaak extreem hoge voorraad aan P. Honderden tot zelfs duizenden jaren na stopzetting van het voormalige landbouwgebruik worden nog steeds verhoogde P concentraties in de bodem teruggevonden (McLauchlan, 2006). De diepte waarover het fosfaat geaccumuleerd is hangt sterk samen met het bodemtype (zand versus kleibodem), de mate van historische bemesting, en het grondgebruik (al dan niet diepgeploegd). In voormalige landbouwbodems zijn de fosfaatconcentraties vaak veel te hoog voor de ontwikkeling van bloemrijke graslanden.

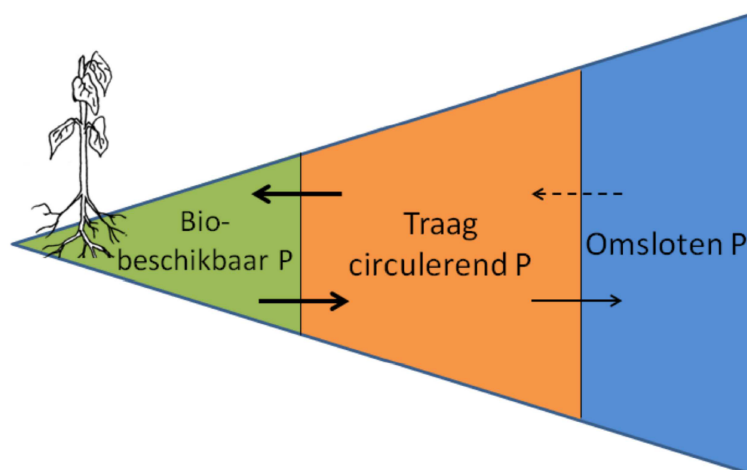
### KADER 1: Analyse van P in de bodem – $P_{\text{olsen}}$ , $P_{\text{oxalaat}}$ en $P_{\text{totaal}}$

Fosfor komt in de bodem voor in grofweg drie verschillende pools die verschillen in biobeschikbaarheid en met elkaar in evenwicht zijn (Figuur Kader 1) (De Schrijver et al., 2013b). Binnen een groeiseizoen kunnen planten slechts een klein deel van de totale bodem-P-voorraad opnemen. Verschillende P-pools staan met elkaar in evenwicht waardoor het dus belangrijk is om de relevante P-pools te kennen vooraleer uitspraken te kunnen doen over de tijd van verschrallend maaien of uitmijnen.

**$P_{\text{olsen}}$ :** De biobeschikbare of labiele P-pool is een vrij kleine pool die meestal maximaal 20% van de totale hoeveelheid P in de bodem omvat. Deze pool bestaat uit fosfaat ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ) in de bodemoplossing, samen met anorganische en organische P die snel kan vrijgesteld of gedemineraliseerd worden uit de bodem. Fosfor in deze pool kan binnen één groeiseizoen worden opgenomen door planten.

**$P_{\text{oxalaat}}$ :** De traag-circulerende of actieve P-pool bestaat uit anorganisch fosfaat geadsorbeerd aan calcium (Ca) of aluminium (Al) en ijzer (Fe), en organisch P. Deze pool staat in evenwicht met de biobeschikbare P-pool en wanneer de vegetatie P opneemt wordt deze terug aangevuld vanuit de traag-circulerende P-pool. De traag-circulerende pool staat voor fosfor die beschikbaar kan worden voor planten op de lange termijn. De traag-circulerende pool wordt bij chemische analyse bepaald door een extractie met oxalaat.  $P_{\text{oxalaat}}$  omvat ook de  $P_{\text{olsen}}$  fractie.

**$P_{\text{totaal}}$ :** De totale hoeveelheid P in de bodem wordt gemeten door complete destructie van het bodemstaal en dit omvat ook de omsloten P-pool. De omsloten of gefixeerde P-pool blijft gedurende vele jaren in de bodem zonder beschikbaar te komen voor planten en heeft een geringe invloed op de plantengroei. Deze pool bestaat uit anorganische fracties die heel slecht oplosbaar zijn en organische fracties waarvan verondersteld wordt dat ze resistent zijn aan mineralisatie door micro-organismen in de bodem (De Schrijver et al., 2013b). Een bodemanalyse van de totale hoeveelheid P omvat deze omsloten P-pool en kan daarom op zich niet veel vertellen over hoelang een verschrallingstraject kan duren. Om het risico op interne eutrofiëring in te schatten (zie verder), is het wel nodig om  $P_{\text{totaal}}$  te kennen.



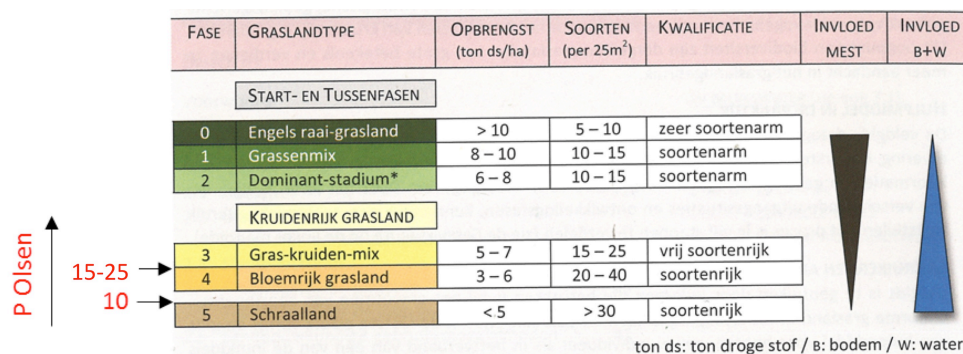
Figuur Kader 1: De drie belangrijke P-pools in de bodem: de biobeschikbare pool kan gebruikt worden door planten binnen één groeiseizoen ( $P_{\text{olsen}}$ ), de traag-circulerende pool kan beschikbaar worden voor planten op de lange termijn ( $P_{\text{oxalaat}}$ ) en van de omsloten pool wordt verondersteld dat deze geen/een geringe invloed heeft op plantengroei. (Bron: De Schrijver et al., 2013b)

### 1.3. Streefwaarden bodem-P

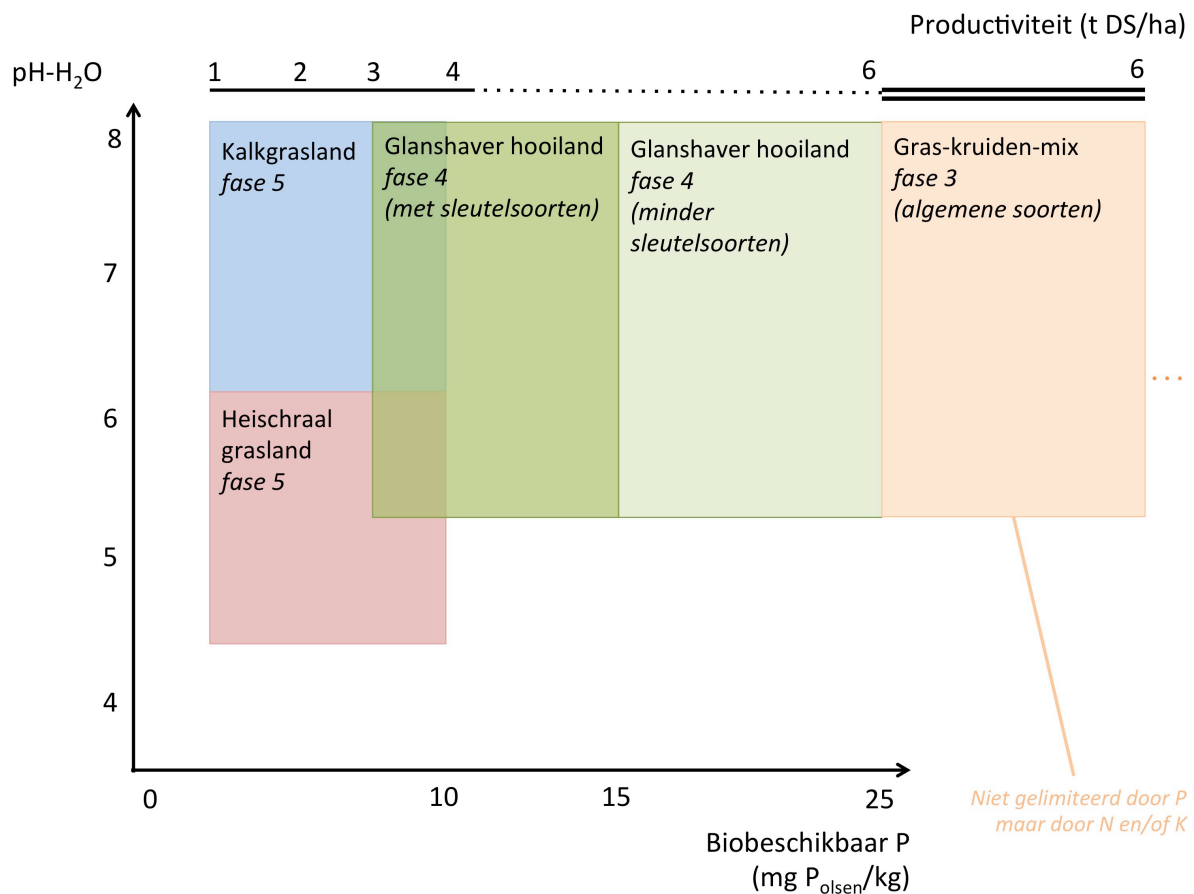
Wanneer van een sterk bemeste situatie wordt vertrokken, zijn vaak ingrijpende maatregelen nodig om naar een nutriëntenarm systeem terug te keren. Het is belangrijk om vooraf de doelstelling van het verschrallingsbeheer duidelijk af te bakenen. Voor het herstel van soortenrijke graslanden (Natura 2000 habitattypes) wordt uitgegaan van het herstellen van de nutriëntenbeschikbaarheid zoals in referentiegebieden. Zo moet voor het herstel van glanshavergraslanden met sleutelsoorten zoals grote pimpinel minder dan 15 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg. Echter, het is mogelijk dat graslanden tot maximaal 25 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg ook worden ingedeeld als glanshavergrasland, zij het echter met minder sleutelsoorten (zie ook Figuur 2b en De Schrijver et al. 2013a).

In verband met het herstellen van lage bodem-P-concentraties en P-limitatie in dotterbloemgraslanden is enige discussie. Van Duren & Pegtel (2000) screenen verschillende natte graslandgemeenschappen op welke nutriënten limiterend waren voor de groei. Volgens deze studie wordt de vegetatieontwikkeling van onverstoorde (geen drainage en geen bemesting) natte graslandgemeenschappen als dotterbloemgraslanden en grote zeggenvegetaties op veenbodem gestuurd door N-limitatie en/of K-limitatie, en niet door P-limitatie. Ook Van de Riet et al. (2010) concludeerden dat niet P maar N en K de productiviteit sturen in dotterbloemgraslanden. Hun conclusie is dan ook dat het vernatten van voormalige landbouwbodems – en de daarmee gepaard gaande vrijstelling van P (zie 1.4) - niet noodzakelijk een bottleneck hoeft te vormen voor de ontwikkeling van dotterbloemgraslanden. Hun advies is om zich voornamelijk te richten op de reductie van de beschikbaarheid aan N en K. Er wordt echter geen bewijs geleverd dat ontwikkeling van dotterbloemgraslanden en andere natte graslandtypes mogelijk is bij de extreem hoge biobeschikbaarheid van fosfor van zwaar bemeste landbouwgronden. Uit een literatuurstudie blijkt dat in goed ontwikkelde dotterbloemhooilanden uiteenlopende Olsen-P concentraties werden teruggevonden, die echter niet hoger liggen dan 25 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg (Houtmeyers et al. 2013). Dit zou er inderdaad kunnen op wijzen dat niet P maar N en/of K crucialer zijn voor de soortenrijkdom maar dat extreem hoge bodem-P-concentraties evenmin aan te raden zijn.

Samengevat kunnen we stellen dat we streven naar een zo laag mogelijke Olsen-P (liefst onder de 15 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg). In dit rapport worden twee streefwaarden gehanteerd: een streefwaarde van maximaal 15 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg voor graslanden met sleutelsoorten en een minder strenge streefwaarde van maximaal 25 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg voor graslanden zonder of met minder sleutelsoorten. Bij waarden boven de 25 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg is biomassaproduktie niet meer gelimiteerd door P maar kan deze gestuurd worden door N en/of K-limitatie. De ontwikkeling van een bloemrijk grasland met algemene plantensoorten zoals rode klaver, wilde margriet... is mogelijk in deze context, dit is “fase 3” volgens Schippers et al. (2012) (zie ook Figuren 3 en 4). In Figuur 5 staan de verschillende graslandtypes uitgezet ten opzichte van het bodem-P-gehalte en de hydrologische toestand van de bodem.



Figuur 3: Schema van de ontwikkeling van kruidenrijk grasland (uit Schippers et al. (2012), aangevuld met Olsen-P concentraties)



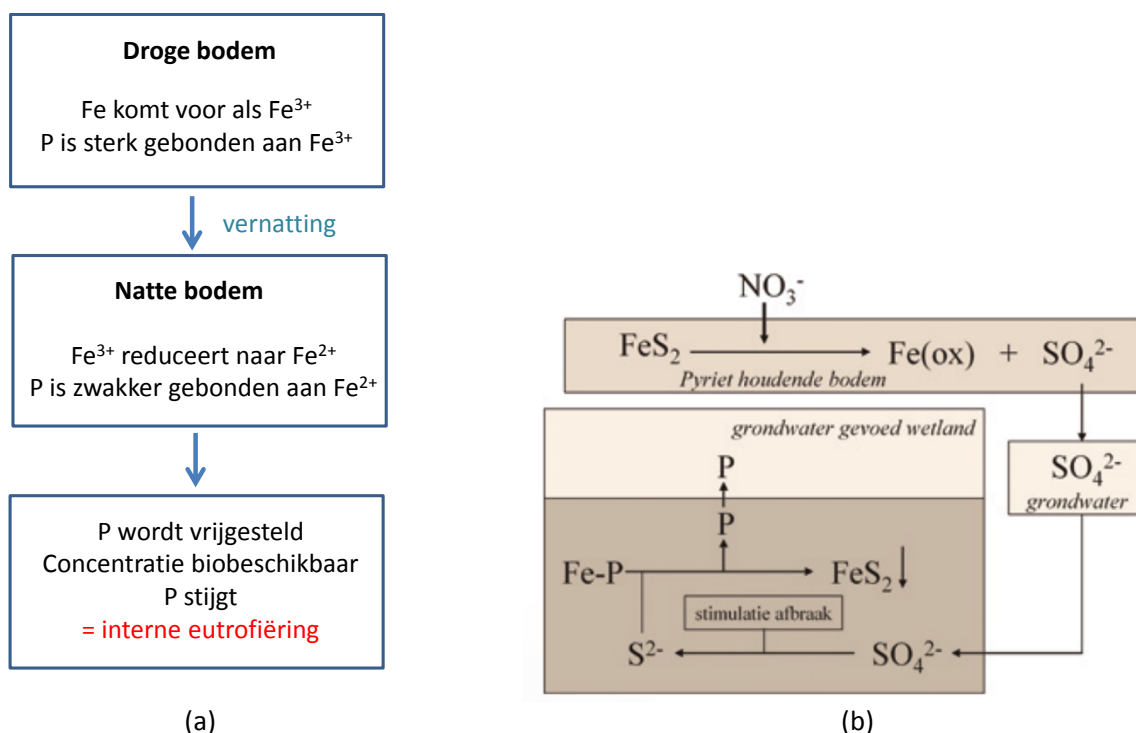
Figuur 4: Voorkomen van de soortenrijke graslandtypes (fases 4 en 5) volgens de abiotische variabelen zuurtegraad (pH) en voedselrijkdom (productiviteit of concentratie Olsen-P in de bodem). De biomassa productie in gras-kruident-mix (fase 3) graslanden wordt niet gelimiteerd door P maar door N en/of K. Bron: Vangansbeke et al. 2017 (data gebaseerd op Adams et al., 2011; Demey et al., 2015; Hennekens et al., 2010; Houtmeyers et al., 2013; Schippers et al., 2012; Tilley, 2013). Opmerking: er dient ook rekening worden gehouden met het herstel van de hydrologische vereisten voor elk van de habitattypes

		Voedselrijkdom gradiënt (Olsen P)						
		<10		10-15	15-25	25-40	40-80	>80
		Voedselarm		Matig voedselrijk	Voedselrijk	Zeer voedselrijk	Hypertroof	Uiterst hypertroof
Vochtgradiënt	Droog	Droog heischraal grasland Droge heide		Glanshaverhooilanden	Minder ontwikkelde vegetatietypen of soortenrijke rompgemeenschappen	Vrije soortenarme rompgemeenschappen	Soortenarm/productief	Uiterst soortenarm/productief
	Grote vossenstaarthooilanden							
	Vochtig	Vochtig heischraal grasland Natte heide		Dotterbloemgraslanden Moerasspirearuipte				
	Nat				Kleine zeggenvegetaties			
		Overgangs- en trilvenen zeer voedselarm	Overgangs- en trilvenen voedselarm	Rietmoeras Grote zeggenvegetaties				

Figuur 5: Vegetatietypes ten opzichte van voedselrijkdom, hier uitgedrukt als Olsen-P, en bodemvochtgehalte (Demey et al. 2015)

#### 1.4. Bijkomend knelpunt: interne eutrofiëring bij vernatting

Wanneer de bodems vernat worden, bestaat de kans op nog grotere eutrofiëringsverschijnselen, waarbij fosfaten die gebonden werden aan Fe worden vrijgesteld (Smolders et al. 2006a). Het verlagen van de grondwatertafel in functie van landbouw of waterwinning leidde tot de degradatie van grondwaterafhankelijke natuur zoals natte heide of nat heischraal grasland, blauwgraslanden, dotterbloemhooiland of kleine of grote zeggenvegetaties. Met het oog op het herstel van dergelijke habitats, is vernatting noodzakelijk, maar vernatting alleen leidt vaak niet tot een volledig herstel. Bij aanvoer van ijzer en/of calciumrijk grondwater, waardoor extra fosfaatbinding optreedt, zijn goede resultaten te behalen. Echter, wanneer op het perceel in kwestie een aanzienlijke fractie van P aan ijzer gebonden is, kan vernatting net leiden tot een extra vrijstelling van P, wat problematisch is voor natuurherstel (Figuur 6a). Bij vernatting vermindert de zuurstofconcentratie in de bodem, wat maakt dat een deel van het in de bodem aanwezige Fe reduceert van  $\text{Fe}^{3+}$  naar  $\text{Fe}^{2+}$  en dit  $\text{Fe}^{2+}$  kan minder P binden dan  $\text{Fe}^{3+}$ . Dit maakt dat vernatting in dit geval resulteert in een mobilisatie van P in de bodemoplossing. Hierdoor wordt de biobeschikbare fractie van P nog groter.



Figuur 6: (a) Na vernatting van voormalige landbouwgrond treedt vaak eutrofiëring op door vrijstelling van fosfaat na reductie van  $\text{Fe}^{3+}$  naar  $\text{Fe}^{2+}$ ; (b) Schematisch overzicht van de sulfaatproblematiek. De sulfaatcyclus verbindt de stikstofproblematiek met de fosfaatproblematiek. Deze kunnen dus niet los van elkaar worden opgelost. Wanneer pyriet ( $\text{FeS}_2$ ) in de bodem aanwezig is, leidt nitraatuitspoeling tot hogere sulfaatconcentraties in het grondwater. Sulfaatrijk (grond)water leidt tot eutrofiëring van wetlands door fosfaatmobilisatie. De figuur werd overgenomen uit Smolders et al. (2006b)

Dit probleem van interne eutrofiëring kan nog versterkt worden wanneer het aangevoerde grondwater rijk is aan sulfaat (Figuur 6b). Bodembacteriën gebruiken onder zuurstofarme omstandigheden sulfaat bij de afbraak van organisch materiaal. Hierbij wordt waterstofsulfide gevormd. Het gevormde sulfide zorgt ervoor dat fosfaat in de bodem niet langer goed kan binden aan ijzer, doordat sulfide zelf sterker hecht aan het vrijgekomen ijzer. Dit sulfide kan immers met het gevormde  $\text{Fe}^{2+}$  neerslaan tot ijzersulfide ( $\text{FeS}$ ) of pyriet ( $\text{FeS}_2$ ). Fosfaat komt hierdoor vrij in de bodem en diffundeert naar de waterlaag, wat ernstige interne eutrofiëring tot gevolg kan hebben. Daarnaast is er minder Fe beschikbaar om nieuw vrijgekomen of

aangevoerd fosfaat te binden. Wanneer al het Fe in de bodem vastgelegd is als ijzersulfide kan het toxische sulfide zich bovendien ophopen in de bodem. Vernetting van voormalige landbouwbodems kan dus ernstige problemen opleveren voor het herstel van soortenrijke natuur.

Om in te schatten of een bepaald perceel geschikt is om te vernatten is het zinvol om info te vergaren over de chemische samenstelling van het grondwater en van de bodem. Indien het grondwater zeer ijzerrijk is, is het risico op interne eutrofiëring kleiner omdat veel Fe wordt aangevoerd en zo de kans op fosfaatbinding verhoogt. Het grondwater moet wel voldoende doorstroming hebben zodat telkens nieuw Fe wordt aangevoerd. Om in te schatten of een risico bestaat op interne eutrofiëring wordt de Fe/P of (Fe-S)/P ratio (op molaire basis) in de bodem gehanteerd. Deze ratio geeft een inschatting van de hoeveelheid ijzer die beschikbaar is voor fosfaatbinding. Wanneer deze ratio kleiner is dan vijf is het risico op fosfaatsnauwelijking bij vernatting of in natte omstandigheden groot. Wanneer deze ratio groter is dan tien is het risico op fosfaatsnauwelijking bij vernatting of in natte omstandigheden heel beperkt. Deze ratio wordt ook gebruikt in functie van het herstel van open water, o.a. in beleidsregels die zijn opgesteld door waterschappen in Nederland. Het is dus van belang om de P-stocks drastisch te verminderen voordat vernattingsmaatregelen uitgevoerd worden.

Opmerking: een nog bij vernatting is de eventuele horizontale migratie van P van naburige P-verzadigde terreinen via (grond)waterstromen een aandachtspunt.

### **1.5. Maatregelen om de bodem te verschrallen**

Via bv. het ontgronden van de bovenste bodemlaag is het mits grondig voorafgaand onderzoek mogelijk om op korte termijn de gewenste abiotische situatie te bereiken. Maaien en uitmijnen kan dan weer gezien worden als een vorm van abiotisch natuurherstel over langere termijn. Het maaien van graslanden wordt al honderden jaren uitgevoerd om het hooi te gebruiken als wintervoeding voor vee. Tegenwoordig wordt maaibeheer in de natuursector toegepast om bloem- en soortenrijke vegetaties te creëren en te behouden. Maaien en afvoeren in bestaande natuurgebieden voert nutriënten af, houdt de vegetatie open en zorgt zo voor een verhoogde soortenrijkdom in graslanden. Maaibeheer wordt ook ingezet om natuurontwikkeling te realiseren op voormalige landbouwgronden.

De effectiviteit van maaibeheer voor abiotisch herstel hangt af van de hoeveelheid nutriënten afgevoerd met dit beheer en dit hangt samen met de biomassa productie. Een intensief bemest grasland dat meermaals gemaaid wordt, kan jaarlijks meer dan 15 ton biomassa produceren. De biomassaproductie zal bij omschakeling van landbouwbeheer naar verschrallend maaibeheer reeds na enkele jaren afnemen door een limitatie door stikstof (N) of kalium (K). Deze kan zelfs snel terugvallen naar minder dan vijf ton biomassa per jaar zonder een verhoging in het aantal plantensoorten met zich mee te brengen. Dit was ook zo bij een hoge maaifrequentie van vier keer per jaar. De vegetatie-samenstelling blijft dan vaak steken in een soortenarme, grasrijke vorm omdat deze N- of K-limitatie onvoldoende is om de competitieve grassen in hun groei te beperken. Een (co-) limitatie door P is noodzakelijk voor veel soortenrijke vegetatietypes. Door de lagere mobiliteit van P, is P veel moeilijker uit het systeem te verwijderen. En als daarbovenop ook de afnemende biomassaproductie de P-afvoer vertraagt door N- of K-limitatie, zal het via maaien en afvoeren vaak meer dan honderd jaar duren om voldoende P-arme omstandigheden te verkrijgen. Het is bijgevolg beter om een verschrallend maaibeheer in te zetten op terreinen waar de gewenste bodem-P-condities bijna bereikt zijn, zoals vanaf 20-25 mg  $P_{\text{Olsen}}$   $\text{kg}^{-1}$  (hoewel dit ook afhankelijk is van andere factoren zoals droogtestress ed.).



Naast de bijzonder lange tijdsduur om via maaibeheer de geschikte biogeochemische omstandigheden te creëren, hangt er ook een zekere kostprijs vast aan een ontwikkelingsbeheer via maaien, die varieert tussen 580 en 1872 euro ha<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> (Tabel 1). Deze kostprijs is afhankelijk van de verkoopswaarde van het hooi, die op zijn beurt grotendeels bepaald wordt door de kwaliteit van het maaisel. De maaiselkwaliteit wordt mede beïnvloed door de frequentie van het maaien. Bij vier keer maaien is de verteerbaarheid veel hoger dan bij slechts twee keer maaien. Voor maaisel van een lagere kwaliteit kunnen de paarden- en schapensector interessante afzetmarkten zijn. Ook bij runderen zijn er afzetmogelijkheden. Drooggevallen en jonge koeien kunnen dit hooi als voeder gebruiken. Hooi van lagere kwaliteit kan ook zonder productieverliezen bijgemengd worden (tot 40 %) voor hoog productief melkvee.

*Tabel 1: Geschatte kostprijs van verschillende natuurontwikkelingsmaatregelen. Gegevens uit Anonymous (2012) en Oosterbaan et al (2008). Maatregelen die jaarlijks herhaald moeten worden, werden uitgedrukt in jaarlijkse kost. \*De kostprijs voor uitmijnenbeheer hangt af van de kwaliteit van het geoogste product en kan in geval van hoge kwaliteit kostenneutraal zijn.*

Maatregel	Kostenrange (euro ha <sup>-1</sup> )
Ontgronden (30 cm)	15 000 – 300 000
Maaien en afvoeren	580 – 1872
Uitmijnen	540*

Een alternatief voor ontgronden en maaien en afvoeren is de techniek van P-uitmijning. Uitmijnen is een aangepaste landbouwmethode gericht op het afvoeren van P, waardoor een overgangsfase gecreëerd wordt van landbouw naar natuur. Deze techniek kan ingezet worden als uitbolscenario ter voorbereiding op een natuurbeheer. Uitmijnen wordt voorgesteld als een snellere verschralingstechniek dan maaien aangezien de nutriëntenlimitaties worden opgeheven door selectieve bemesting met andere nutriënten (N en K) dan P. De hoeveelheid N en K die wordt toegevoegd is afhankelijk van het bodem- en gewastype en kan best geadviseerd worden door experts (vb. Bodemkundige Dienst van België). Hierbij moet ook de pH-KCl rond de 5,5 worden gehouden met bv. bekalking om maximale opname van P mogelijk te maken. Er zijn echter nog tal van onzekerheden aan deze techniek in ontwikkeling.

Pas nadat de abiotische randvoorwaarden hersteld zijn, is het aanbevolen om over te gaan tot biotisch herstel en het best passende natuurbeheer. Het is mogelijk dat eens de abiotische omstandigheden geschikt zijn, de kolonisatie door typische soorten uitblijft gezien de aanvoer van zaad van doelsoorten vaak te laag is in ons sterk gefragmenteerde landschap. Veel soorten hebben slechts een kortlevende zaadbank en een beperkte dispersiecapaciteit (verspreiding). Na landbouwgebruik zijn de meeste zaadbanken van bodems arm aan zaad van doelsoorten. In vele gevallen is het wenselijk de kolonisatie van doelsoorten te versnellen door zaden aan te voeren, bv. via het overbrengen van maaisel of zaad uit goed ontwikkelde percelen uit de buurt.

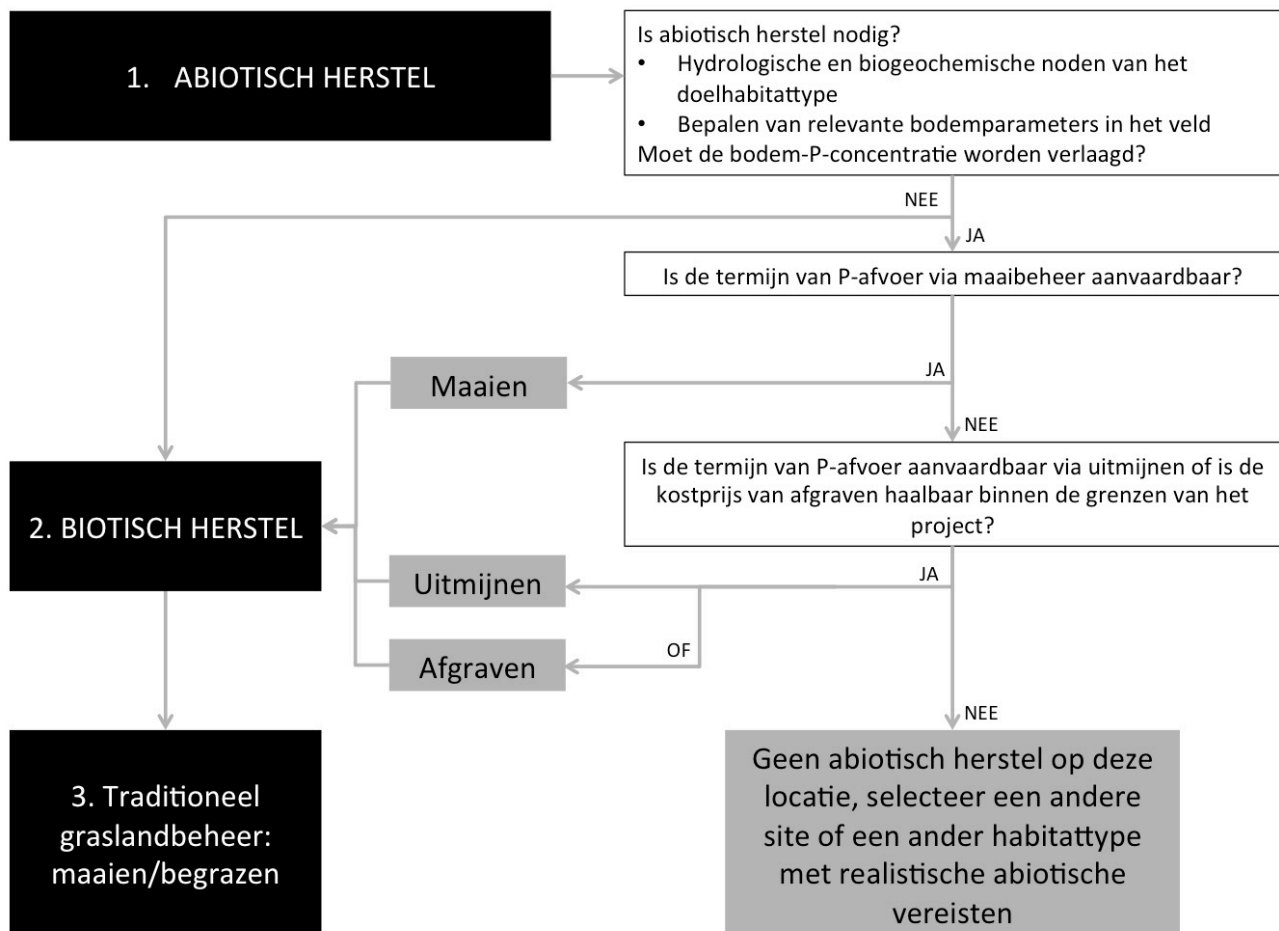
Om de vestigingskansen van deze soorten te verhogen wordt best ingezaaid op een niet gesloten en dichte grasmatt (vb. na maaibeheer en oppervlakkig loswoelen van de bodem met eg). Een aantal proeven, bijvoorbeeld in het natuurinrichtingsproject Turnhouts Vennengebied, wijzen uit dat het inbrengen van zaad en maaisel op een naakte bodem (na ontgronden of plaggen) bijzonder succesvol kan zijn. Experimenten met het aanbrengen van maaisel of zaad op een bestaand grasland zijn er nauwelijks, maar zijn bijzonder belangrijk om meer kennis te verwerven. In het pas opgestarte project HerBioGras van HoGent worden deze en andere maatregelen onderzocht.



Het overbrengen van soorten kan ook subtieler door het inzetten van ‘bewegende corridors’ zoals gedeelde maaimachines tussen soortenrijke habitats. Ook kan het inbrengen van zaad van halfparasieten de ontwikkeling van soortenrijk grasland versnellen. Zo zal Grote ratelaar parasiteren op grassen en hen daardoor onderdrukken, waardoor andere kruidachtigen meer kansen krijgen om zich te vestigen. Dit kan echter alleen wanneer de productiviteit van het grasland voldoende laag is ( $< 5 \text{ ton/ha.j}$ ), zie hiervoor het artikel in Natuurpunt Focus Demey et al. 2013.

### 1.6. Herstel van soortenrijke grasland: Best practices

Het verlagen van biobeschikbaar fosfor is door het voorkomen van verschillende fracties in de bodem en door de grote persistentie in de bodem geen eenvoudige opgave. In Figuur 7 staat een aanbevolen aanpak voor abiotisch en biotisch natuurherstel schematisch weergegeven. Eerst is het noodzakelijk om na te gaan wat de abiotische afstand tot het doel-habitattype is. Dit kan zowel hydrologisch als biogeochemisch zijn. In soortenrijke graslanden wordt bij natuurherstel veelal gefocust op het verlagen van de bodem-P-concentraties. Vervolgens is het mogelijk om een natuurhersteltechniek te kiezen die het beste aansluit bij de context van het project (aanvaardbare termijn en beschikbaar budget).



Figuur 7: Beslissingsmodel herstel van soortenrijke graslanden op voormalige landbouwgronden (Schelfhout et al. in press)

## 2. Abiotische afstand tot de doelsituatie

### 2.1. Methodiek Distance to target

#### 2.1.1. Staalname

In het kader van natuurherstel in de Oude Kale vallei werden op vraag van Natuurpunt Lovendegem 27 bodemstalen geanalyseerd (Tabel 2; Appendix 1). De stalen werden genomen door Natuurpunt in verschillende graslanden met een (voormalig) landbouwgebruik als mengstalen ( $n = 4-6$ ) overheen de bodemlaag (0-30 cm). Het bodemtype is volgens de bodemkaart natte klei en vochtig-natte zandleem. Natuurpunt Lovendegem wil (enkele van) deze percelen ontwikkelen tot bloemrijke graslandtypes die ingedeeld kunnen worden als of aanleunen bij glanshaver-grote vossenstaart graslanden of dotterbloemgraslanden. De vraag is hoe ver men van deze doelsituatie af is op vlak van fosforbeschikbaarheid in de bodem en of men via maaien of uitmijnen deze doelstelling binnen een haalbare termijn kan behalen.

#### 2.1.2. Chemische analyses

De bodemstalen werden gedroogd onder geforceerde ventilatie bij 40°C, gehomogeniseerd, vermalen en gezeefd over een 1 mm zeef. Het totale gehalte aan P werd colorimetrisch (via malachietkleuring) bepaald na totale destructie van de bodem in  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$  en  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in teflonpotten bij 140°C ( $P_{\text{totaal}}$ ). Het binnen het groeiseizoen beschikbaar gehalte aan P werd eveneens colorimetrisch bepaald na extractie van de bodem in  $\text{NaHCO}_3$  ( $P_{\text{Olsen}}$ , methode van Olsen). Het 'actief' P dat op de lange termijn beschikbaar kan komen werd bepaald na extractie in een ammoniumoxalaat-oxaalzuuroplossing ( $P_{\text{oxalaat}}$ ). Verder werd het totaal gehalte aan ijzer (Fe) en calcium (Ca) na totale destructie bepaald door atoom absorptie spectrophotometrie (AA240FS, Fast Sequential AAS). En de zuurtegraad van de bodem werd gemeten via bepaling van de pH- $\text{H}_2\text{O}$ .

Alle chemische analyses werden uitgevoerd in het chemisch laboratorium van het Labo voor Bos & Natuur. Dit labo werkt volgens een strikt kwaliteitssysteem. Van elke analytische techniek werd een Standaard Operatie Procedure (SOP) opgesteld, opgemaakt volgens Nederlandse (NEN) en Internationale (ISO) normen. Bij elke reeks stalen werden ter kwaliteitscontrole BCR, LCS en QC-stalen meegenomen en bijgehouden op controlekaarten. De analytische technieken werden gevalideerd. Het chemisch labo stelt twee laboranten te werk opgeleid op bachelor-niveau (A1). De textuur-gegevens werden aangeleverd door Natuurpunt.

### 2.2. Distance to target in de Oude Kalevallei

Om de "afstand" tot het doel te vergelijken, namelijk een grasland waarbinnen de biomassa productie gelimiteerd wordt door P, worden twee vooropgestelde streefwaarden gebruikt: streefwaarde 1 van 15 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg en streefwaarde 2 van 25 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg (zie ook hfst 1.3). Percelen met een biobeschikbare P-concentratie tussen 25 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg en 40 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg worden beschouwd als "niet ver verwijderd van streefwaarde 2". De bovenlimiet 40 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg steunt op onze ervaring met het inschatten van verschralingstijdsduur via maaibeheer of uitmijnen in vorige projecten. Bij bodems met biobeschikbare P-concentraties hoger dan 40 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg, kan de verschralingsduur hoog oplopen (bv. langer dan 30 jaar). We merken hierbij wel op dat het al dan niet aanvaardbaar zijn van de tijdsduur voor natuurherstel afhankelijk is van de context van het project.

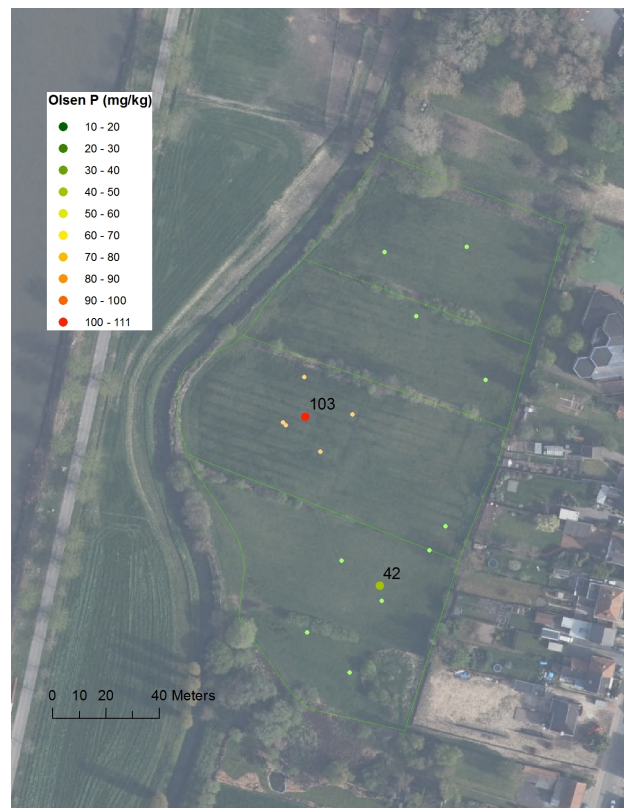
De biobeschikbare P-concentratie,  $P_{\text{Olsen}}$ , in de bodemstalen varieerde sterk (Tabel 2, Figuur 8) en was slechts in enkele percelen gunstig in de context van het herstel van soortenrijke graslanden, namelijk: “abiotische streefwaarde 1 bereikt” voor perceel VOK 26, “abiotische streefwaarde 2 bereikt” voor perceel VOK 14N en “niet ver verwijderd van abiotische streefwaarde 2” voor percelen VOK 13, 14Z, 17, 24 en 25. Alle andere percelen waren op vlak van biobeschikbare P-concentratie “ver verwijderd van de abiotische doelen”. De actieve P-pool,  $P_{\text{oxalaat}}$ , varieert in dezelfde mate als  $P_{\text{Olsen}}$  (zie ook Figuur 9). Het ijzergehalte is vrij hoog ( $\text{Fe} > 10000 \text{ mg Fe/kg}$ ) in alle percelen tot zeer hoog in enkele percelen ( $\text{Fe} > 30000 \text{ mg Fe/kg}$  in VOK 14N, 17, 22, 24 en 27; Appendix 4). Het calciumgehalte is vrij laag in sommige percelen ( $\text{Ca} < 2000 \text{ mg Ca/kg}$  in VOK 5 en 8; Appendix 3), vrij hoog in andere ( $\text{Ca} > 8000 \text{ mg Ca/kg}$  in 16, 17, 19-25, 27) en gemiddeld in de andere percelen. De pH varieert tussen 5,6 en 7,0 en bevindt zich overal binnen de streefwaarde voor glanshaver graslanden (Appendix 2).

Het risico op bijkomende P-aanrijking bij vernatting door interne eutrofiëring is vrij laag voor de meeste percelen. Bij slechts één perceel is dit risico hoog (VOK 21), maar er dient te worden opgemerkt dat de biobeschikbare P-concentratie in dit perceel reeds erg hoog ( $111 \text{ mg } P_{\text{Olsen}}/\text{kg}$ ) is en dat het de op één na hoogste totale P-concentratie heeft ( $1742 \text{ mg } P_{\text{totaal}}/\text{kg}$ ). Bij de percelen VOK 1, 4, 11, 15, 17-18 en 21 is het risico op interne eutrofiëring reëel. Bij de andere percelen is dit risico afwezig door een hoge ijzerconcentratie of lagere P-concentratie.

Tabel 2: De gemeten bodemzuurtegraad (pH-H<sub>2</sub>O), de biobeschikbare (P<sub>Olsen</sub> mg/kg), traag-circulerende (P<sub>oxalaat</sub> mg/kg), totale fosforconcentraties (P<sub>totaal</sub>); Totale ijzer- (Fe<sub>totaal</sub>) en calciumconcentraties (Ca<sub>totaal</sub>) in 0-30 cm bodemlaag van de 27 percelen

Perceels-ID	Type	Bodemtype	pH H <sub>2</sub> O	P <sub>Olsen</sub> mg/kg	P <sub>oxalaat</sub> mg/kg	P <sub>totaal</sub> mg/kg	Fe <sub>totaal</sub> mg/kg	Ca <sub>totaal</sub> mg/kg	Fe/P mmol/ mmol	Ca/P mmol/ mmol	(Fe+Ca)/P mmol/ mmol
VOK 1	VLM-Nevele	Nat zandleem	5,8	105	1231	1727	21404	5030	7	2	9
VOK 3	VLM-Nevele	Nat zandleem	6,0	67	653	1047	23635	4585	13	3	16
VOK 4	VLM-Nevele	Nat zandleem	6,2	45	483	882	24757	3657	16	3	19
VOK 5	VLM-Nevele	Vochtig zandleem	6,0	89	812	1041	13331	1588	7	1	8
VOK 6	VLM-Nevele	Natte klei	5,9	44	473	930	26837	3627	16	3	19
VOK 7	VLM-Nevele	Nat zandleem	5,8	51	570	993	27887	3471	16	3	18
VOK 8	VLM-Nevele	Natte klei	5,6	47	391	711	15566	1450	12	2	14
VOK 9	VLM-Nevele	Natte klei	5,8	61	582	986	29705	3137	17	2	19
VOK 10	VLM-Lovendegem	Natte klei	6,3	63	553	818	17241	6127	12	6	17
VOK 11	VLM-Lovendegem	Natte klei	6,0	73	737	1097	24543	3785	12	3	15
VOK 12	Natuurpunt-referentie	Natte klei	6,2	97	1057	1704	29440	4890	10	2	12
VOK 13	Natuurpunt-referentie	Natte klei	6,1	28	308	603	16354	3435	15	4	19
VOK 14 N	Natuurpunt-referentie	Nat zandleem	6,0	17	195	568	30974	3178	30	4	35
VOK 14 Z		Nat zandleem	6,3	27	354	689	21621	5244	17	6	23
VOK 16	VLM-Nevele	Natte klei	6,0	80	862	1447	23340	8021	9	4	13
VOK 17	VLM-Nevele	Natte klei	6,6	30	299	676	41095	9799	34	11	45
VOK 18	VLM-Lovendegem	Nat zandleem	6,2	63	561	971	15452	2172	9	2	11
VOK 19	VLM-Lovendegem	Nat zandleem	6,4	91	1061	1551	20585	8053	7	4	11
VOK 21	Natuurpunt-referentie	Nat zandleem	6,7	111	1472	1742	10733	12489	3	6	9
VOK 22	VLM-Lovendegem	Natte klei	6,9	99	1162	1751	39102	8217	12	4	16
VOK 23	VLM-W&Z	Nat zandleem	7,0	62	517	881	14164	8857	9	8	17
VOK 24	VLM-Lovendegem	Natte klei	6,8	27	189	656	38409	10816	32	13	45
VOK 25	VLM-Lovendegem	Natte klei	6,8	26	251	697	23913	9118	19	10	29
VOK 26	Natuurpunt-referentie	Natte klei	6,8	13	98	377	11112	6097	16	12	29
VOK 27		Natte klei	6,6	107	836	1570	32743	8271	12	4	16
Land 29		Natte klei	6,5	42	371	810	18734	2882	13	3	16
Land 30		Natte klei	6,4	103	993	1428	25757	4796	10	3	13



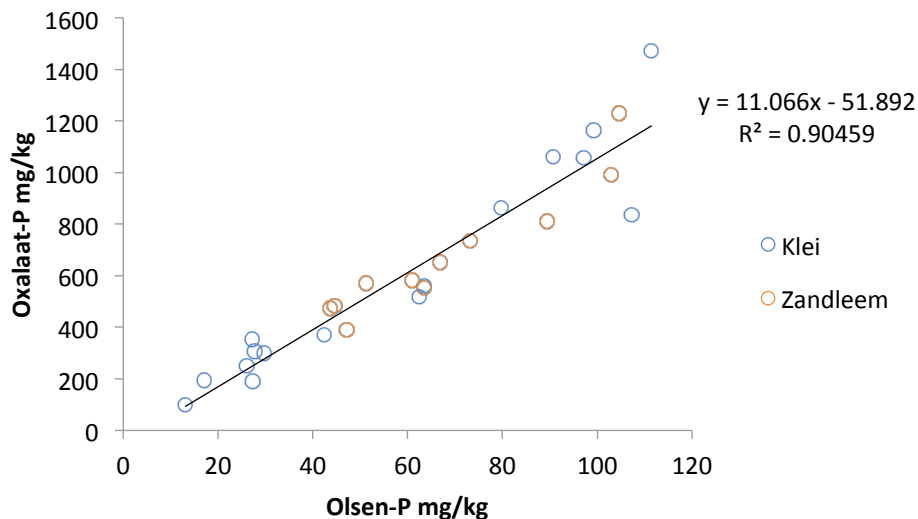


Figuur 8: Weergave van Olsen-P resultaten in de 0-30 cm bodemlaag op kaart

### 3. Abiotische herstelmaatregelen

#### 3.1. Methode inschatting tijdsduur herstelmaatregel

Voor de inschatting van de benodigde tijdsduur om de hoeveelheid bodem-P te verlagen via maai- en uitmijnbeheer is de correlatie tussen Olsen-P en Oxalaat-P nodig. De ratio Olsen-P/Oxalaat-P werd schijnbaar niet beïnvloed door de bodemtextuur (Figuur 9).



Figuur 9 Relatie tussen Olsen-P en Oxalaat-P in de Oude Kale vallei

Als streefwaarde voor de inschattingen van verschrallingstijd werd gewerkt met dezelfde twee streefwaarden: streefwaarde 1 van 15 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg en streefwaarde 2 van 25 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg (zie Hfst 1.3).

Op basis van literatuur en eigen metingen nemen we aan dat de jaarlijkse P-afvoer via maaibeheer in natuurpercelen tussen 5 en 12 kg P per hectare bedraagt. De pool van biobeschikbaar P (hier gekwantificeerd als  $P_{\text{Olsen}}$ ) wordt permanent aangevuld vanuit de traag circulerende actieve P-pool (hier gekwantificeerd als  $P_{\text{Oxalaat}}$ ). De berekeningen van de verschrallingsduur moeten m.a.w. gebeuren op basis van de stocks aan  $P_{\text{Oxalaat}}$ . Op basis van de stock aan  $P_{\text{Oxalaat}}$  kan per perceel berekend worden wat de huidige overmaat is aan P in de ploegvoor (0-30 cm). Deze overmaat aan  $P_{\text{Oxalaat}}$  moet worden weggewerkt via het verschrallend maaibeheer. De duur van het maaibeheer kan geschat worden door de overmaat aan  $P_{\text{Oxalaat}}$  te delen door de P-afvoer via maaien.

Ook de tijdsduur van P-verschraling via uitmijnbeheer werd ingeschat door aan te nemen dat de jaarlijkse P-afvoer hoger ligt, startende bij 45 kg P/ha in ideale teeltomstandigheden. Daarna laten we de jaarlijkse P-afvoer geleidelijk aan afnemen met het dalen van de  $P_{\text{Olsen}}$  concentratie zoals in Schelfhout et al. 2015: 65-55 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg, 33.5 kg P/ha; 55-36 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg, 22 kg P/ha; 36-25 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg, 14 kg P/ha; 25-20 mg  $P_{\text{Olsen}}$ /kg, 10 kg P/ha.

Opmerking: we wijzen erop dat de berekende waarden inschattingen zijn voor de tijdsduur van P-verschraling en geen exacte waarden. Bijkomende onzekerheid wordt veroorzaakt over het ontbreken van wetenschappelijke referenties over de benodigde diepte van verschraling. De berekeningen voor de 0-10 cm bodemlaag zouden resulteren in een aanzienlijk lagere tijdsinschatting. We maken in deze inschattingen gebruik van de ploegvoor diepte (0-30 cm) omdat we aannemen dat dit de bewortelbare diepte is.

### 3.2. Resultaten inschatting tijdsduur

Tabel 3: Inschatting overmaat van P (P-stock te verwijderen) en tijdsduur maaien en uitmijnen tot streefwaarde 1 (15 mg Olsen-P/kg) en tot streefwaarde 2 (25 mg Olsen-P/kg). In de laatste kolom wordt een aanbeveling gegeven om bloemrijke graslanden te ontwikkelen, dit staat verder uitgelegd in de tekst van hfst. 3.3

Perceel	P <sub>Olsen</sub> mg/kg	P <sub>oxalaat</sub> mg/kg	Streefwaarde 1: 15 mg P <sub>Olsen</sub> /kg; 114 mg P <sub>oxalaat</sub> /kg			Streefwaarde 2: 25 mg P <sub>Olsen</sub> /kg; 225 mg P <sub>oxalaat</sub> /kg			Aanbeveling herstel
			P-stock te verwijderen kg P/ha	Inschatting tijdsduur maaibeheer jaar	Inschatting tijdsduur uitmijnbeheer jaar	P-stock te verwijderen kg P/ha	Inschatting tijdsduur maaibeheer jaar	Inschatting tijdsduur uitmijnbeheer jaar	
VOK 1	105	1231	4691	671	198	4226	604	143	afgraven of ander doel
VOK 3	67	653	2263	324	145	1799	257	89	afgraven of ander doel
VOK 4	45	483	1549	222	119	1085	155	63	afgraven of ander doel
VOK 5	89	812	2931	419	160	2466	353	104	afgraven of ander doel
VOK 6	44	473	1507	216	116	1043	149	61	afgraven of ander doel
VOK 7	51	570	1915	274	135	1450	208	80	afgraven of ander doel
VOK 8	47	391	1163	167	101	698	100	45	afgraven of ander doel
VOK 9	61	582	1965	281	136	1500	215	80	afgraven of ander doel
VOK 10	63	553	1843	264	132	1379	197	76	afgraven of ander doel
VOK 11	73	737	2616	374	153	2151	308	97	afgraven of ander doel
VOK 12	97	1057	3960	566	183	3495	500	126	afgraven of ander doel
VOK 13	28	308	814	117	82	350	50	25	ander doel (punt 4 of 5)
VOK 14 N	17	195	340	49	49	0	0	0	biotisch herstel (punt 1)
VOK 14 Z	27	354	1008	144	96	543	78	39	ander doel (punt 4 of 5)
VOK 16	80	862	3141	449	164	2676	383	109	afgraven of ander doel
VOK 17	30	299	777	111	79	312	45	23	ander doel (punt 4 of 5)
VOK 18	63	561	1877	269	133	1412	202	77	afgraven of ander doel
VOK 19	91	1061	3977	569	183	3512	502	127	afgraven of ander doel
VOK 21	111	1472	5703	815	221	5238	749	165	afgraven of ander doel
VOK 22	99	1162	4401	629	192	3936	563	137	afgraven of ander doel
VOK 23	62	517	1692	242	125	1227	176	68	afgraven of ander doel
VOK 24	27	189	315	45	41	0	1	1	biotisch herstel (punt 1)
VOK 25	26	251	575	83	64	110	16	8	maaien (punt 2)
VOK 26	13	98	0	0	0	0	0	0	biotisch herstel (punt 1)
VOK 27	107	836	3032	434	162	2567	367	106	afgraven of ander doel
Land 29	42	371	1079	155	97	614	88	42	afgraven of ander doel
Land 30	103	993	3691	528	177	3227	461	121	afgraven of ander doel

### 3.3. Aanbevelingen om bloemrijk grasland te ontwikkelen

De potentie om soortenrijke graslanden te ontwikkelen waarbij de biomassaproductie gelimiteerd is door P varieerde van perceel tot perceel (Tabel 2). Over het algemeen was de ingeschatte tijdsduur van verschraling tot streefwaarde 1 of 2 zeer hoog in de bemonsterde percelen (Tabel 3). Dit komt door de bemestingsgeschiedenis en door de bodemtextuur (zandleem en klei) met een groot vermogen om P vast te houden. Slechts in enkele percelen werden de  $P_{\text{Olsen}}$ -streefwaarden bereikt of zijn deze praktisch bereikbaar.

We bevelen aan om bij de percelen die de streefwaarden nog niet bereikten een inschatting te maken van de huidige biomassa productie. Wanneer de biomassaproductie lager is dan 6 ton DS/ha, zijn er aanwijzingen dat de productie gelimiteerd is door N en/of K. In deze situatie, is het realistisch om kruidenrijke graslanden te herstellen van het type “fase 3” (zie ook Figuur 4).

We vatten onze aanbevelingen in volgende vijf punten samen:

1. De streefwaarde 1 of 2 werd bereikt -> Biotisch herstel (Percelen VOK 14N, 24 en 26) Een lage  $P_{\text{Olsen}}$  concentratie was zeldzaam in de percelen en kwam slechts drie keer voor. We bevelen aan om deze percelen in de toekomst (verder) te vrijwaren van bemesting en om op deze percelen na te gaan of de doelsoorten ontbreken. Indien ze ontbreken, is het aangewezen om over te gaan tot biotisch herstel, i.e. herintroductie van doelsoorten via opvoeren van maaisel of zaden. Vervolgens is het nodig om een beheer uit te voeren gericht op de instandhouding van de doelsoorten (Figuur 7).
2. Streefwaarde 2 is nabij en bereikbaar op korte termijn via maaïen -> Verschrallend maaïen en biotisch herstel (Perceel VOK 25) We bevelen aan om op dit perceel gedurende 16 jaar een maaibeheer uit te voeren gericht op het afvoeren van nutriënten met het maaisel. Dit betekent dat er jaarlijks minstens twee tot zelfs vier keer gemaaid kan worden, tot de biomassaproductie afneemt tot minder dan ca. 6 ton DS/ha (zie ook Figuur 4). Het is mogelijk om dominantie van bepaalde soorten te doorbreken door de maaidatum strategisch tijdens het bloeitijdstip van deze soorten te leggen (bv in mei voor gestreepte witbol). Vervolgens kan zoals bij voorgaande worden overgegaan tot biotisch herstel en instandhoudingsbeheer (Figuur 7).
3. Streefwaarde 2 is nabij en bereikbaar op korte termijn via uitmijnen -> Uitmijnen tot streefwaarde 2 (Geen enkel perceel) Indien er geen bijzondere plantensoorten voorkomen en er samenwerking met een landbouwer mogelijk is, kan bv. gedurende 25 jaar de productiviteit en ook de P-afvoer worden opgedreven door een NK-bemesting. Vervolgens is het aangewezen om via een verschrallend maaibeheer gericht op N- en K-verschraling de biomassaproductie opnieuw te laten dalen. Hierna is het aangewezen om tot een biotisch herstel en beheer gericht op doelsoorten over te gaan. Echter, op de bestudeerde percelen van de Oude Kale vallei lijkt het, door de lange tijdsinschatting, meer aangewezen om een ander doel te stellen: kruidenrijk grasland (fase 3), waar de soortenrijkdom gestuurd wordt door N en/of K-limitatie en niet door P (zie punt 4). De keuze voor uitmijnen is afhankelijk van de context van het project.



4. Streefwaarde 2 is nabij maar en onbereikbaar op korte termijn via uitmijnen -> Ander doel: maaien tot NK-limitatie en biotisch herstel kruidenrijk grasland fase 3 (Percelen VOK 13, 14Z en 17) Omwille van verschillende redenen kan het onmogelijk zijn om percelen uit te mijnen of af te graven. In deze percelen kan men dan een ander doel kiezen zoals een kruidenrijk grasland (Fase 3: graskruidenmix, zie ook Figuren 3 en 4) met algemene plantensoorten die eveneens van cruciaal belang zijn voor wilde bijen, hommels, vlinders... Op de nattere percelen kan bijvoorbeeld via een verschrallend maaibeheer de grassendominante fase (fase 2 volgens Schippers et al. 2012) doorbroken worden en kunnen soorten zoals watermunt, zilverschoon, echte koekoeksbloem, smeerwortel, moerasrolklaver, rode klaver, veenwortel, paardenbloem... standhouden. In de drogere percelen kunnen soorten nagestreefd worden zoals reukgras, witte klaver, duizendblad, biggenkruid, wilde margriet, fluitenkruid, groot streepzaad, verschillende distelsoorten.... Wanneer fase 2 (grassen dominantie) doorbroken is, is het aanbevolen om kiemplaatzen te maken door bv. de bodem te chopperen. Vervolgens kan het noodzakelijk zijn om deze soorten in te zaaien (zie Biotisch herstel bij 1.5). Er zijn echter nog vrij veel onzekerheden over de randvoorwaarden in een fase 3-grasland (Wat is de na te streven biomassaproductie en NK-limitatie?). In het pas opgestarte project HerBioGras van HoGent worden dergelijke vragen onderzocht.
5. Ander doel – structuur verhogen Een aanvullende mogelijkheid om de biodiversiteit te verhogen zonder de bodem te verschrallen, is door te werken aan een structuurrijk half-open landschap met houtkanten, struwelen en poelen op de percelen waar interne eutrofiëring geen risico is.
6. Streefwaarde 2 is veraf en onbereikbaar op korte termijn via uitmijnen -> Bemonstering van de diepere bodemlagen en afgraven indien de P-concentraties van de diepere bodemlagen en de grondwaterstand dit toelaten (Alle andere percelen) Via afgraving kan de abiotische doelsituatie onmiddellijk gecreëerd worden. Deze methode wordt het beste gecombineerd biotisch herstel waarna wordt overgegaan tot maaibeheer om de doelsoorten instand te houden. Als afgraven in deze percelen niet mogelijk is, dient men een ander doel-habitatype te kiezen (zie punten 5 en 6, en ook het beslissingsmodel in Figuur 7).

## Referenties

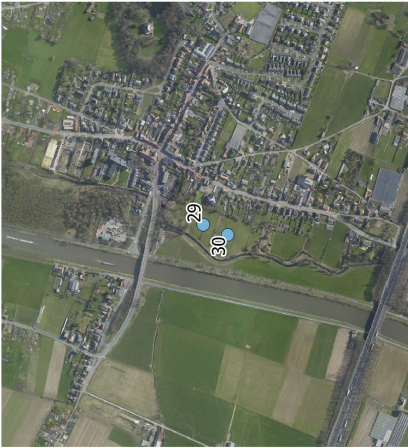
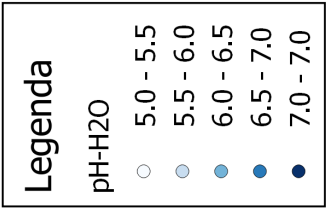
- Adams, A.S., Lucassen, E.C.H.E.T., Bobbink, R., Smits, N.A.C., 2011. Herstelstrategie H6130: Zinkweiden 513–528.
- Anonymous (2012) Opmaak van een model voor de technische kosten van inrichtings- en beheerwerken, Eindrapport BE0112000229. Berchem.
- Ceulemans, T., Stevens, C.J., Duchateau, L., Jacquemyn, H., Gowing, D.J.G., Merckx, R., Wallace, H., van Rooijen, N., Goethem, T., Bobbink, R., Dorland, E., Gaudnik, C., Alard, D., Corcket, E., Muller, S., Dise, N.B., Dupré, C., Diekmann, M., Honnay, O. (2014) Soil phosphorus constrains biodiversity across European grasslands. *Global Change Biology* 20:3814–3822.
- Cools, N., Wils, C., Hens, M., Hoffmann, M., Deutsch, F., Lefebvre, W., Overloop, S., Vancraeynest, L., Van Vynck, I. (2015) Atmosferische stikstofdepositie en Natura 2000 instandhoudingsdoelstellingen in Vlaanderen. Verkennende gewestelijke ruimtelijke analyse van de ecologische impact, van sectorbijdragen en van de bijdrage. Brussel.
- Demey, A., Ameloot, E., De Schrijver, A., Staelens, J., Hermy, M., Boeckx, P., Verheyen, K. (2013) Sleutelrol voor halfparasieten in de biogeochemie van soortenrijke graslanden. *Natuur.focus* 12:69–76.
- Demey, A., Aerts, N., De Buysere, F., De Schrijver, A., Verheyen, K. (2015) Smeetshof: bodemkwaliteit en afgraving als verfijning van de grensoverschrijdende visie.
- De Schrijver A., Schelfhout S., Verheyen K. (2013a) Onderzoek naar de potenties voor herstel en ontwikkeling van glanshavergrasland met grote pimpernel in de gebieden Pikhaken–Hollaken en Dorent. Eindrapport
- De Schrijver, A., Schelfhout, S., Demey, A., Raman, M., Baeten, L., De Groote, S., Mertens, J., Verheyen, K. (2013b) Natuurherstel op landbouwgrond: fosfor als bottleneck. *Natuur.focus* 12:145–153.
- Hautier, Y., Niklaus, P.A., Hector, A. (2009) Competition for Light Causes Plant Biodiversity Loss After Eutrophication. *Science* 324:636–638.
- Hennekens, S.M., Smits, N.A.C., Schaminée, J.H.J. (2010) SynBioSys Nederland versie 2.
- Houtmeyers S., Van Broeckhoven E., Vandenbroucke A.S. & Vergeynst J. (2013) Zoektocht naar referentiewaarden voor het herstel van soortenrijke natuur. Bachelorthesis, Universiteit Gent, 58p.
- McLauchlan, K. (2006) The nature and longevity of agricultural impacts on soil carbon and nutrients: a review. *Ecosystems* 9:1364–1382.
- Oosterbaan A., de Jong J.I., Kuiters A.T. (2008) Vernieuwingen in ontwikkeling en beheer van natuurgraslanden op voormalige landbouwgrond op droge zandgronden. Wageningen UR, Wageningen
- Raman M., De Keersmaeker L., Denys L., Leyssen A., Provoost S., Vandevoorde B., Hens M., Wouters J. (2014) Bodemkundige, hydrologische en hydrochemische grenswaarden voor de duurzame instandhouding van Europese habitattypen in Vlaanderen. Brussel
- Schelfhout S., De Schrijver A., De Bolle S., De Gelder L., Demey A., Du Pré T., De Neve S., Haesaert G., Verheyen K., Mertens J. (2015) Phosphorus mining for ecological restoration on former agricultural land. *Restoration Ecology* 23:842–851.
- Schelfhout, S., Mertens, J., Perring, M.P., Raman, M., Baeten, L., Demey, A., Reubens, B., Oosterlynck, S., Gibson-Roy, P., Verheyen, K., De Schrijver, A. (in press) Restoration of species-rich grasslands on former fertilized land: cutting traditions. *Restoration Ecology*.
- Schippers, W., Bax, I., Gardenier, M. (2012). Ontwikkelen van kruidenrijk grasland. Utrecht: Aardewerk advies.
- Smolders, A.J.P., Lamers, L.P.M., Lucassen, E.C.H.E.T., Van der Velde, G., Roelofs, J.G.M. (2006a) Internal eutrophication: How it works and what to do about it - a review. *Chemistry and Ecology* 22:93–111.
- Smolders, A., Lucassen, E., Tomassen, H., Lamers, L., Roelofs, J. (2006b) De problematiek van fosfaat voor natuurbeheer. *Vakblad Natuur, Bos en Landschap* April:5–11.
- Tilley, M. (2013) Karakterisatie van de nutriëntentoestand en de impact van maaibeheer in halfnatuurlijke graslanden. Masterproef.
- Van de Riet, B.P., Barendregt, A., Brouns, K., Hefting, M.M., Verhoeven, J.T. a. (2010) Nutrient limitation in species-rich *Calthion* grasslands in relation to opportunities for restoration in a peat meadow landscape. *Applied Vegetation Science* 13:315–325.
- Vangansbeke, P., De Schrijver, A., Schelfhout, S., Verheyen, K. (2017). Onderzoek naar methodes voor abiotisch herstel van soortenrijke graslanden in het LIFE-project Pays Mosan.
- Wassen, M.J., Olde Venterink, H., Lapshina, E.D., Tanneberger, F. (2005). Endangered plants persist under phosphorus limitation. *Nature* 437:547–550.
- Voor meer achtergrondinformatie zie ook onze artikels *Focus op de biogeochemie* in *Natuur.Focus* te downloaden via: <https://www.natuurpunt.be/publicatie/natuurfocus-focus-op-biogeochemie>**

Appendix 1 – Locaties staalname



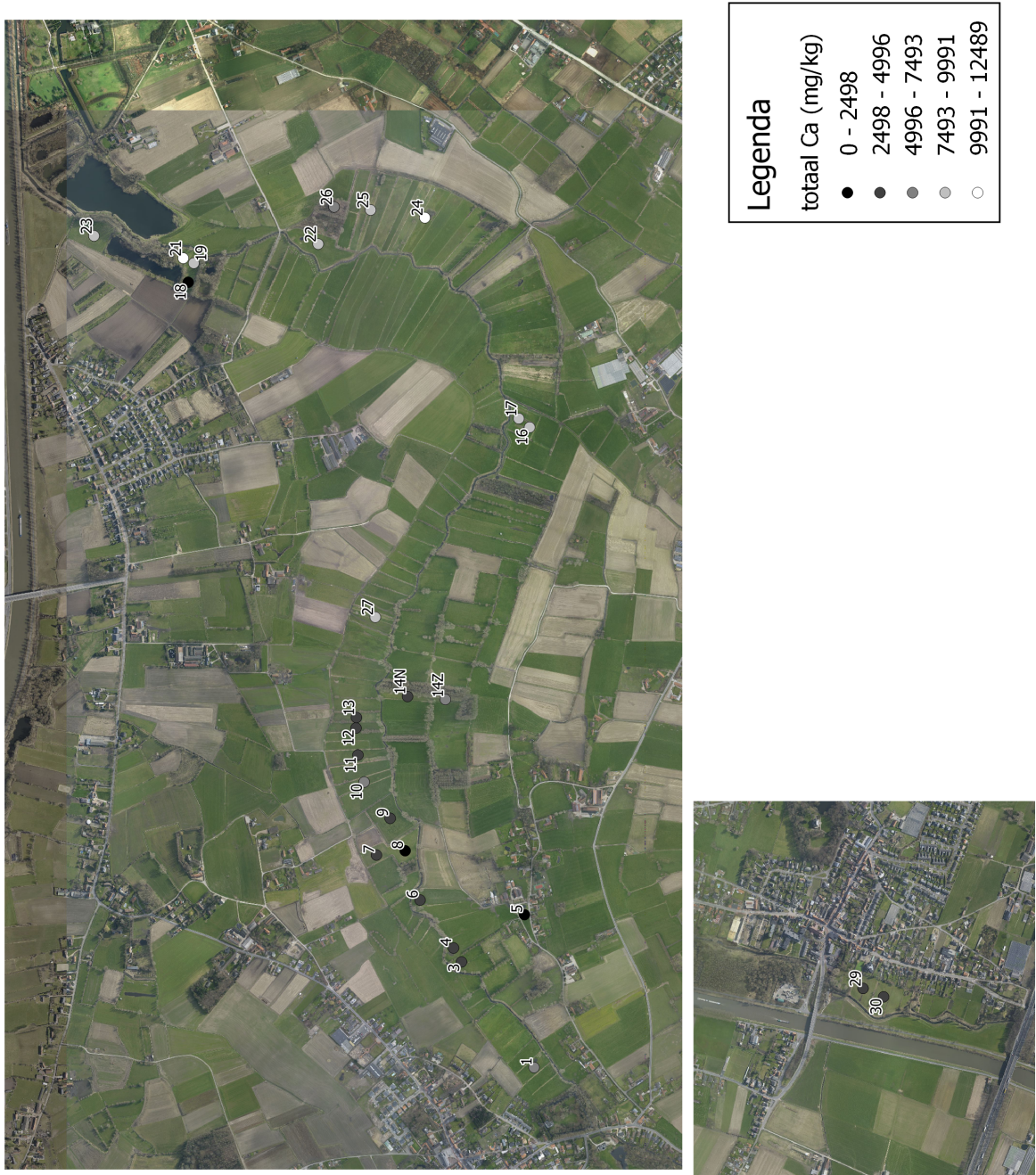


Appendix 2 – Resultaten pH op kaart





Appendix 3 – Resultaten Totaal-Ca op kaart



Appendix 4 – Resultaten Totaal-Fe op kaart

